

## การทดลองที่ 4

### เรื่อง แทนเจนต์แกลวานอมิเตอร์

#### วัตถุประสงค์

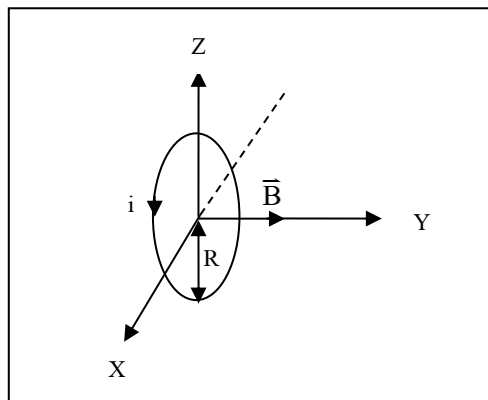
1. ศึกษาการทำงานของแทนเจนต์แกลวานอมิเตอร์
2. เพื่อหาค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กโลกตามแนวราบโดยใช้แทนเจนต์แกลวานอมิเตอร์

#### ทฤษฎี

เมื่อให้กระแส  $i$  ไหลผ่านเส้นลวดซึ่งขดเป็นวงกลมรัศมี  $R$  กระแสนี้จะเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็ก  $B$  ขึ้น ที่จุดศูนย์กลางของขดลวดมีค่าเท่ากับ

$$|\vec{B}| = \frac{\mu_0 i}{2R} \quad (1.1)$$

และมีทิศตามกฎมือขวา ตัวอย่างเช่นกระแส  $i$  ไหลในทิศทวนเข็มนาฬิกาเมื่อมองเข้ามาจากทิศ  $+Y$  ดังรูปที่ 1.1  $\vec{B}$  จะมีทิศตั้งฉากกับระนาบของขดลวดซึ่งวางตัวอยู่ในระนาบ  $XZ$  และพุ่งไปตามแกน  $+Y$  ,  $\mu_0$  ในสมการ(1.1) คือค่าเพอมีอิลิตีแม่เหล็กในสุญญากาศ



รูปที่ 1.1 แสดงสนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำ  $\vec{B}$  ที่เกิดขึ้น ณ จุดศูนย์กลางของขดลวดวงกลมรัศมี  $R$

ในกรณีที่ขดลวดมี  $n$  รอบ ขนาดของสนามแม่เหล็กที่จุดศูนย์กลางมีค่าเป็น

$$|\vec{B}| = \frac{\mu_0 ni}{2R} \quad (1.2)$$

แทนเจนต์เกลวานอมิเตอร์เป็นเครื่องมือสำหรับใช้หาขนาดของสนามแม่เหล็กโลกซึ่งในตัวของแทนเจนต์เกลวานอมิเตอร์ประกอบด้วยโครงลวดม้วนกลมมีลวดทองแดงพันอยู่จำนวน 50 รอบโดยลวดทองแดงนี้ต่ออยู่กับปุ่ม 2 ปุ่มบนฐานของเครื่องมือ ที่ใจกลางของขดลวดมีเข็มทิศ ระบายของเข็มทิศตั้งได้จากกับระนาบของขดลวด ซึ่งหัวและท้ายของเข็มทิศจะใช้อ่านค่ามุมที่เบนไปเมื่อมีกระแสไหลในวงจรและหัวของเข็มทิศจะชี้ทิศของความเข้มของสนามแม่เหล็กลัพธ์  $\vec{B}'$



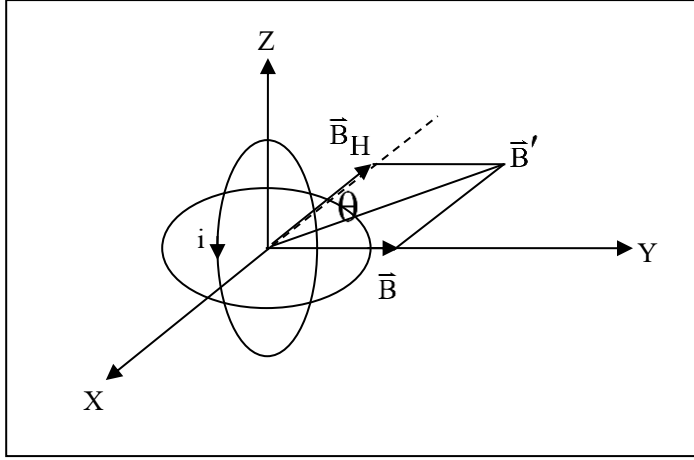
รูปที่ 1.2 แทนเจนต์เกลวานอมิเตอร์

ถ้าจัดให้แทนเจนต์เกลวานอมิเตอร์อยู่ในลักษณะที่ระนาบของขดลวดขนานกับแนวสนามแม่เหล็กโลกตามแนวราบ  $\vec{B}_H$  ซึ่งอยู่ในทิศ  $-X$  ดังรูปที่ 1.3 แล้วปล่อยกระแสให้ไหลผ่านขดลวดในทิศทวนเข็มนาฬิกาเมื่อมองเข้ามาจากทิศ  $+Y$  สนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำ  $\vec{B}$  ที่เกิดขึ้นที่จุดศูนย์กลางของระนาบของขดลวดจะมีทิศไปตามแกน  $+Y$  เข็มทิศบนหน้าปัดแทนเจนต์เกลวานอมิเตอร์จะวางตัวอยู่ในแนวของความเข้มสนามแม่เหล็กลัพธ์  $\vec{B}'$  ซึ่งมีค่า

$$\vec{B}' = \vec{B} + \vec{B}_H \quad (1.3)$$

$$|\vec{B}| = |\vec{B}_H| \tan \theta \quad (1.4)$$

เมื่อแทนค่า  $|\vec{B}|$  จากสมการ(1.2) ลงในสมการ (1.4) จะได้



รูปที่ 1.3 แสดงการวางตัวของเข็มทิศบนหน้าปิดแทนเจนต์เกลวานอมิเตอร์ในแนวสนามแม่เหล็ก  $\vec{B}$

ถ้า  $\theta$  เป็นมุมระหว่าง  $\vec{B}'$  และ  $\vec{B}$  จะได้

$$i = \frac{2|\vec{B}_H| R \tan \theta}{\mu_0 n} \quad (1.5)$$

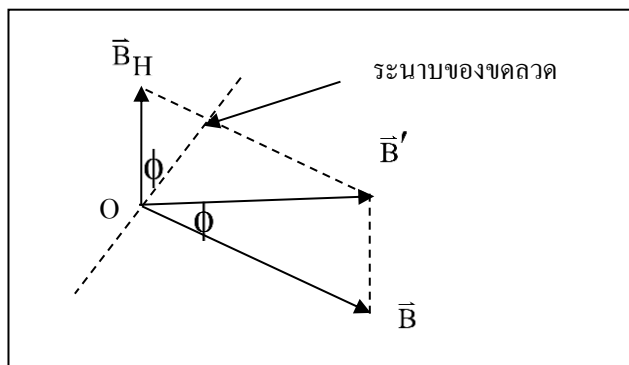
หรือ 
$$|\vec{B}_H| = \frac{\mu_0 n i}{2R \tan \theta} = \frac{\mu_0 n \text{ slope}}{2R} \quad (1.6)$$

ค่าทุกค่าทางขวามือของสมการ (1.6) สามารถวัดหรือหาค่าออกมาได้ ดังนั้นเราจึงสามารถหาค่าสนามแม่เหล็กโลกตามแนวราบ  $\vec{B}_H$  ได้ ถ้ามุมระนาบของขดลวดให้ทำมุม  $\phi$  กับแนวเมริเดียนแม่เหล็กโลก สนามแม่เหล็ก  $\vec{B}$  ที่เกิดขึ้นที่จุดศูนย์กลางของระนาบของขดลวดจะทำมุม  $90^\circ + \phi$  กับสนามแม่เหล็กโลก  $\vec{B}_H$  เข็มทิศบนหน้าปิดแทนเจนต์เกลวานอมิเตอร์จะวางตัวอยู่ในแนวของสนามแม่เหล็กลัพธ์  $\vec{B}'$  ซึ่งอยู่ระหว่าง  $\vec{B}$  กับ  $\vec{B}_H$  ถ้าสามารถปรับขนาดของกระแส  $i$  ที่ไหลผ่านขดลวดจนกระทั่งเข็มทิศบนหน้าปิดแทนเจนต์เกลวานอมิเตอร์ (หรือแนวสนามแม่เหล็กลัพธ์  $\vec{B}'$ ) ตั้งฉากกับ  $\vec{B}_H$  ดังแสดงในรูปที่ 1.4

จากรูปที่ 1.4 จะได้

$$|\vec{B}_H| = |\vec{B}| \sin \phi \quad (1.7)$$

$\phi$  คือ มุมระหว่างระนาบของขดลวดกับแนวเมอริเดียน

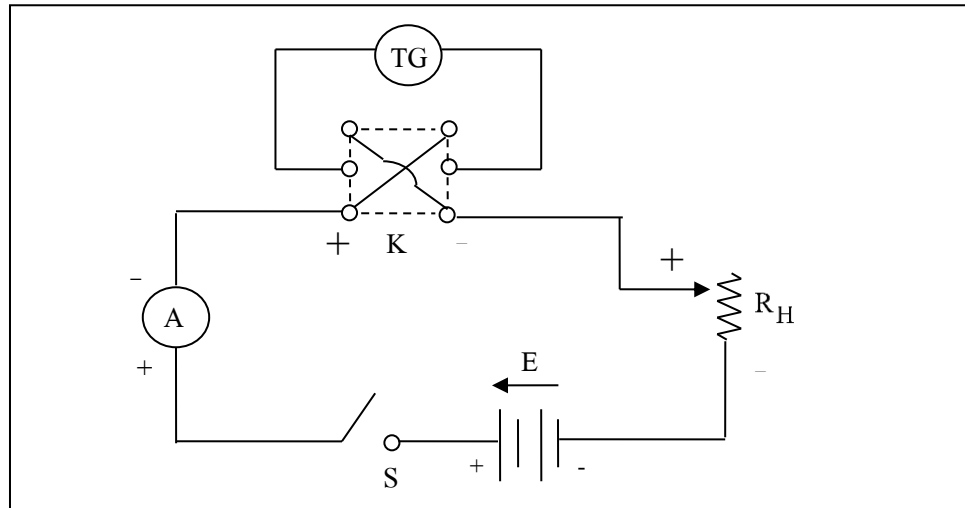


รูปที่ 1.4 แสดงทิศทางของสนามแม่เหล็กลัพธ์  $\vec{B}'$  ที่ตั้งได้ฉากกับ  $\vec{B}_H$  เมื่อระนาบของขดลวดทำมุม  $\phi$  กับ  $\vec{B}_H$

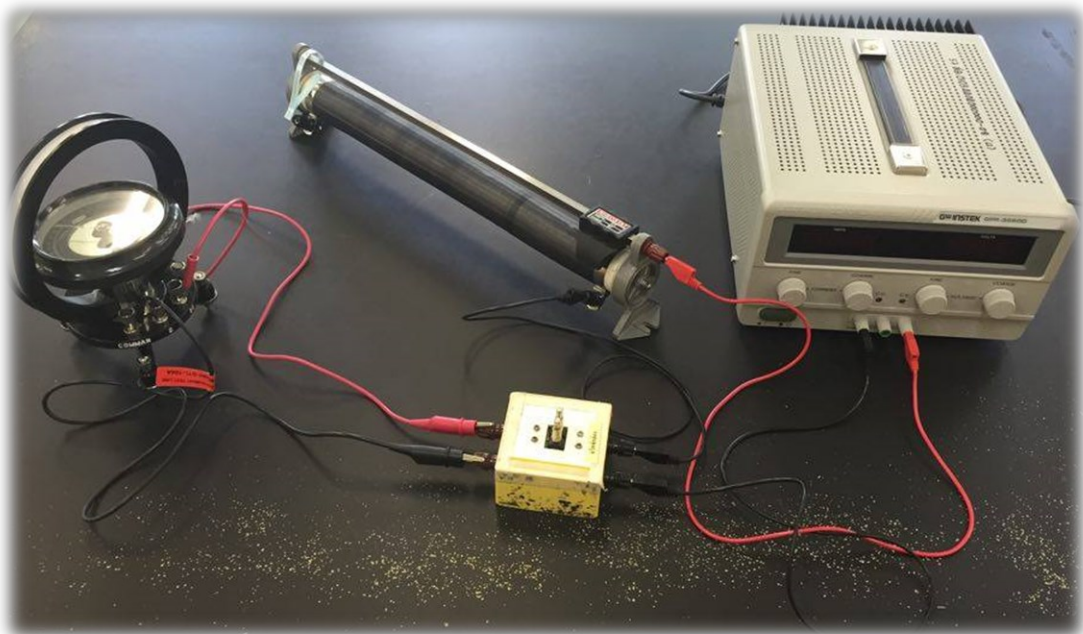
เมื่อแทนค่า  $|\vec{B}|$  จากสมการ (1.2) ลงในสมการ (1.7) จะได้

$$|\vec{B}_H| = \left( \frac{\mu_0 n i}{2R} \right) \sin \phi \quad (1.8)$$

ในทำนองเดียวกันเราสามารถหาค่าทุกค่าที่อยู่ทางขวามือของสมการ (1.8) ได้ ดังนั้นเราก็สามารถหาค่า  $\vec{B}_H$  ได้



รูปที่ 1.5 แสดงวงจรการทดลองแทนเจนต์เกลวานอมิเตอร์



รูปที่ 1.6 แสดงรูปเครื่องมือการทดลองเรื่องแทนเจนต์เกลวานอมิเตอร์

## อุปกรณ์

1.แท่นเจนต์เกลวานอมิเตอร์	1	ตัว
2.ตัวต้านทานปรับค่าได้ (rheostat)	1	ตัว
3.เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง	1	เครื่อง
4.รีเวอร์ซิงคีย์ (reversing key)	1	ตัว
5.สายไฟ	5	เส้น

## วิธีการทดลอง

กำหนดให้

- จำนวนรอบของขดลวดมีค่าเท่ากับ 50 รอบ
- รัศมีของแท่นเจนต์เกลวานอมิเตอร์มีค่าเท่ากับ 7 เซนติเมตร
- ค่า  $\mu_0$  มีค่าเท่ากับ  $4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A}$

**ตอนที่ 1** การหาค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกตามแนวราบ  $\vec{B}_H$  โดยการคำนวณ

- 1.1 จัดแท่นเจนต์เกลวานอมิเตอร์ให้แนวระนาบของขดลวดขนานกับแนวของสนามแม่เหล็กโลก(ทิศเหนือ-ทิศใต้) ตามแนวแกนสีด้ากลางของแท่นเจนต์เกลวานอมิเตอร์(จุดสีแดงคือทิศเหนือ)
- 1.2 ปรับเข็มสีเงินบนหน้าปัดแท่นเจนต์เกลวานอมิเตอร์ ให้อยู่ที่เลขศูนย์ โดยการหมุนหน้าปัดของแท่นเจนต์เกลวานอมิเตอร์
- 1.3 เปิดสวิตช์แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง โดยให้ค่ากระแสไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 0.05 แอมแปร์
- 1.4 อ่านค่ามุมที่เปลี่ยนไป โดยกำหนดให้ฝั่งใดฝั่งหนึ่งเป็น  $\theta_1$  และอีกฝั่งเป็น  $\theta_2$
- 1.5 สับสวิตช์กล่องเพื่อเปลี่ยนทิศทางของกระแส อ่านค่ามุมที่เปลี่ยนไป โดยฝั่งที่เคยเป็น  $\theta_1$  ให้เปลี่ยนเป็น  $\theta_3$  และฝั่งที่เคยเป็น  $\theta_2$  ให้เป็น  $\theta_4$
- 1.6 ปรับค่ากระแสไฟฟ้าตามตารางการทดลอง แล้วทดลองตามข้อ 1.4 - 1.5
- 1.7 เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแส  $i$  กับ  $\tan\theta_{\text{เฉลี่ย}}$  โดยให้  $i$  อยู่บนแกน  $y$  และ  $\tan\theta_{\text{เฉลี่ย}}$  อยู่บนแกน  $x$

1.8 หาค่าความชันของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแส  $i$  กับ  $\tan\theta_{\text{เฉลี่ย}}$

1.9 หาค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกตามแนวราบ จากสมการ(1.6)

**ตอนที่ 2** การหาค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกตามแนวราบ  $\vec{B}_H$  โดยการเขียนแผนภาพเวกเตอร์

2.1 จัดแท่นเจนต์เกลวานอมิเตอร์ให้แนวระนาบของขดลวดขนานกับแนวสนามแม่เหล็กโลก

2.2 ปรับเข็มสีเงินบนหน้าปัดแท่นเจนต์เกลวานอมิเตอร์ให้อยู่ที่เลขศูนย์

2.3 ยกฐานของแท่นเจนต์เกลวานอมิเตอร์แล้วหมุนเพื่อให้เข็มสีเงินบนหน้าปัดแท่นเจนต์เกลวานอมิเตอร์ชี้ไปตามมุมที่กำหนด

2.4 เปิดสวิตช์แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง แล้วปรับค่ากระแสไฟฟ้าที่ทำให้เข็มสีเงินบนหน้าปัดแท่นเจนต์เกลวานอมิเตอร์เบนจากมุม ที่กำหนดไปอีก 90 องศา

2.5 บันทึกค่ากระแสไฟฟ้า

2.6 คำนวณหาค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำจากสมการ(1.2)

2.7 นำค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่คำนวณได้มาเขียนแผนภาพเวกเตอร์ เพื่อหาค่าสนามแม่เหล็กโลกตามแนวราบ

#### ข้อควรระวัง

1. ไม่ควรให้แอมมิเตอร์และตัวต้านทานปรับค่าได้อยู่ใกล้แท่นเจนต์เกลวานอมิเตอร์ ขณะจัดตำแหน่งของแท่นเจนต์เกลวานอมิเตอร์ เพื่อให้ระนาบของขดลวดขนานกับแนวเมอริเดียนแม่เหล็กโลก

2. อย่าสับสวิตช์ทิ้งไว้นาน ๆ

#### หนังสืออ้างอิง

1. M . Alonso and E.J. Finn, Physics, Addison Wesley, 1972 , pp. 377-378
2. F. Bueche, Introduction to Physics for Scientists and Engineers, McGraw- Hill, New York , 1966 pp.

$$\mu_0: 4\pi \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \frac{\text{m}}{\text{A}}$$

## บันทึกผลการทดลองที่ 4

แทนเจนต์แกลวานอมิเตอร์

จำนวนรอบของขดลวด  $n = 50$  (รอบ) รัศมีของขดลวด  $R = 0.07$  (เมตร)

ตอนที่ 1 การหาค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกตามแนวราบ  $\vec{B}_H$  โดยการคำนวณ

i (A)	$\theta_1$ (องศา)	$\theta_2$ (องศา)	$\theta_3$ (องศา)	$\theta_4$ (องศา)	$\theta_{เฉลี่ย}$ (องศา)	$\tan \theta_{เฉลี่ย}$
0.05	32.5	32.5	33.5	34.0	33.125	0.653
0.10	51.5	50.5	56.0	56.5	53.625	1.358
0.15	58.0	57.5	67.5	68.0	62.750	1.942
0.20	64.0	63.0	73.5	74.0	68.625	2.555
0.25	67.5	67.0	77.5	78.5	72.625	3.196
0.30	70.0	71.0	81.5	82.0	76.125	4.048
0.35	72.0	71.0	84.0	84.5	77.875	4.655
0.40	73.5	72.5	85.0	86.0	79.250	5.267

เขียนกราฟระหว่างกระแส  $i$  กับ  $\tan \theta_{เฉลี่ย}$  โดยให้  $i$  อยู่บนแกน y และ  $\tan \theta_{เฉลี่ย}$  อยู่บนแกน x

ความชันของเส้นกราฟ = ..... (.....)

ดังนั้น ความเข้มสนามแม่เหล็กโลกตามแนวราบ

$$\vec{B}_H = \dots\dots\dots (.....)$$

$$\vec{B}_H = \frac{\mu_0 n (\text{slope})}{2 R}$$



ตอนที่ 2 การหาค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกตามแนวราบ  $\vec{B}_H$  โดยการเขียนแผนภาพเวกเตอร์  
เมื่อ  $\theta = 45^\circ$

ค่ากระแส  $i$  เมื่อเข็มทิศตั้งฉากกับแนวสนามแม่เหล็กโลก  $i = 0.11$  (.....) A

สนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำ  $\vec{B}$  ที่เกิดขึ้นที่ศูนย์กลางขดลวด  $\vec{B} = \dots\dots\dots$  (.....)

วิธีการคำนวณ

$$\vec{B} : \frac{\mu_0 n i}{2 R}$$

$$\vec{B}_H = B \sin \theta$$

แผนภาพเวกเตอร์ของ  $\vec{B}$  ,  $\vec{B}_H$  ,  $\vec{B}'$

อัตราส่วน \_\_\_\_\_

จากแผนภาพเวกเตอร์สนามแม่เหล็กโลกที่ได้จากการเขียนแผนภาพเวกเตอร์  $\vec{B}_H = \dots\dots\dots$  (.....)

## สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง